Filozofia Nauki
Rok II, 1994, Nr 2(6)

Elżbieta Kałuszyńska

Teorie i modele

Język nauki

Zapewne rozczarowanie fiaskiem neopozytywistycznego programu zbudowania logicznej teorii nauki jest odpowiedzialne za ten niebywały zamęt pojęciowy, jaki zdaje się panować obecnie w dyskusjach o nauce: rozwiązywanie łamigłówek, programy badawcze, rywalizacja laboratoriów, nauka jako rodzaj mitu, kłamliwe teorie i teorie jako zbiory struktur. W tym zgiełku, pomieszaniu języków socjologii, psychologii, filozofii, historii, gubią się podstawowe, proste idee, toteż trzeba je przypominać. Chociaż czytając, na przykład, *Podwójną spiralę* Watsona, można odnieść wrażenie, że nauka jest pasjonującym wyścigiem, w którym główną wygraną jest nagroda Nobla, trzeba pamiętać, iż zadaniem nauki, a w każdym razie nauk empirycznych, które tu mamy na uwadze, jest zdobywanie (czy dostarczanie) wiedzy o świecie. Wiedza ta może być wykorzystywana do celów czysto poznawczych, zaspokajając potrzebę wyjaśniania, rozumienia tego, co dzieje się w przyrodzie, lub do celów praktycznych (choć rozdzielanie poznawczych i praktycznych funkcji nauki jest, według mnie, sztucznym problemem, którym nie zaprzątają sobie głowy naukowcy). Jest ona ciągle jeszcze uważana za szczególnie wartościową: prawdziwą lub przynajmniej w dużym stopniu wiarygodną, mimo że jej pozycja bywa kwestionowana i to z różnych pozycji.

Wiedza naukowa nie jest monolitem; różne są poziomy jej ogólności, rozmaicie też bywa uzasadniana. Akcentuje się też (czasem przesadnie) różne sposoby jej zdobywania: empiryczne i teoretyczne. To prawda, że badania empiryczne i teoretyczne są zwykle personalnie, a nawet instytucjonalnie oddzielone. Jednak działalność teoretyków i eksperymentatorów wzajemnie się wspiera i warunkuje: jedna bez drugiej po prostu nie może istnieć. Doskonałe, wieloletnie obserwacje Tycha de Brache niewielką miałyby wartość bez prac Keplera (czy innych teoretyków), zaś bez nich Kepler nie miałby powodu «poprawiać» kopernikańskiego modelu. W znakomitej *QED* (1992)

Feynman jako swoiste wyzwanie dla teoretyków przedstawia stale zwiększającą się dokładność pomiarów w elektrodynamice kwantowej (np. momentu magnetycznego elektronu), któremu starają się sprostać, usprawniając swoje rachunki. Bez tego dialogu nie byłoby nauk empirycznych. Zgadzam się, że rola badań empirycznych nie była właściwie eksponowana w dotychczasowych modelach nauki; sądzę jednak, że filozofowie *nowego eksperymentalizmu*, deprecjonujący z kolei rolę badań teoretycznych, winni wziąć pod uwagę opinię Feynmana, że „[...] nie ma nic praktyczniejszego nad dobrą teorię" (tamże, s. 119).

Nie cała wiedza naukowa jest zawarta w podręcznikach, artykułach czy monografiach. Nie cała może być nawet zwerbalizowana. Fleck (1986) prezentuje ewolucję opisów zarazka kiły od chwili jego odkrycia aż do momentu, gdy wiedza o nim była już obszerna i gdy opis ograniczał się do stwierdzenia, że postać jego jest *charakterystyczna*. Adepci mikrobiologii muszą po prostu nauczyć się rozpoznawać go w obrazie mikroskopowym. Podobnie początkujący teoretycy kształcą swą wyobraźnię i intuicję, rozwiązując wiele «ćwiczebnych» problemów, by móc potem «widzieć» możliwe rozwiązania problemów nowych. To są jednak sprawy warsztatu. «Produktem» nauki jest wiedza zwerbalizowana: swe cele poznawcze nauka realizuje na płaszczyźnie językowej, formułując twierdzenia, tworząc teorie i budując modele zjawisk.

Każde badanie naukowe podejmowane jest w określonym czasie, wewnątrz specyficznego (dla tego momentu historycznego) świata i języka nauki[1]. Podobnie bowiem jak można mówić o pewnej całości — świecie kreowanym przez naukę (co nie znaczy: zdefiniować, czy zdecydowanie wyodrębnić), tak też i kategoria *języka nauki* jest uprawniona. W takim właśnie języku nauka formułuje swe teorie i poprzez nie opisuje rzeczywistość. Każda nowo powstająca teoria sytuuje swój przedmiot wewnątrz świata nauki i korzysta z języka nauki, co gwarantuje znaczną spójność jednego i drugiego: zarówno opisywane zjawisko, jak i pojęcia do tego niezbędne muszą być «wpasowane» w zastane struktury. To «dopasowywanie» wymusza również zmiany tych ostatnich. Zawsze wprowadza zaburzenia: lokalne, a czasem zataczające tak szerokie kręgi, że mówimy o zmianie paradygmatu czy wręcz rewolucji naukowej. I jak świat nauki nie jest separowalny od rzeczywistości potocznego doświadczenia, tak język nauki wyrasta z języka potocznego i posiada z nim nieredukowalną (choć rozmytą, nieostrą) część wspólną w zakresie słownictwa, reguł gramatycznych oraz znaczenia wyrażeń. Zarówno świat nauki, jak i język nauki nie dają się ostro wydzielić ze świata i języka potocznego doświadczenia.

[1] Naturalnie, zarówno świat, jak i język nauki mogą być zwrotnie przez to badanie zmienione (tylko wtedy zresztą jest to badanie wartościowe), ale jest to proces *ukierunkowany*, z wyraźnie zaznaczonym «najpierw» i «potem», nieodwracalny: nawet jeśli uzyskane wyniki nie okażą się z czasem uniwersalnie ważne, to przecież nigdy nie znajdziemy się w punkcie wyjścia (konstatacja ta jest tak oczywista, że aż banalna, i można ją już tylko uzupełnić sentencją o rzece i Heraklicie).

Język nauk empirycznych jest nadto uwikłany w związki (terminologiczno-gramatyczno-znaczeniowe) z językami nauk formalnych: logiki i matematyki. Zmatematyzowana postać teorii fizyki nie pozostawia co do tego żadnych wątpliwości. W każdej jednak teorii, nawet jakościowej, kryje się pewna formalna struktura, dająca się zrekonstruować[2]. Stosowanie rachunków formalnych, zwłaszcza matematycznych, jest możliwe, gdy obiekty oznaczane przez specyficzne terminy teorii mają pewne własności formalne: są zbiorami, relacjami, funkcjami czy operatorami. Toteż wskazuje się jako *terminy specyficzne* nazwy odpowiednich funkcji (diagnostyczno-)pomiarowych, bowiem posiadają one określone własności formalne.Ta okoliczność skłania do traktowania języków poszczególnych teorii nauki jako sztucznych języków formalnych.

W aksjomatyzacji mechaniki newtonowskiej zaprezentowanej przez Suppesa (1957) masa jest charakteryzowana jako funkcja określona na pewnym zbiorze ('*P* jest dowolnym niepustym zbiorem') i przyjmująca wartości w zbiorze Re^{+}. Masa jest jednak pewną własnością ciał materialnych, ze względu na którą można je porządkować, porównywać, również przypisywać im pewne liczby jako jej wartości. Formalne własności wskazywane przez Suppesa ma co najwyżej jej funkcja pomiarowa.

Języki sztuczne dają się scharakteryzować na poziomie syntaksy przez wyraźne wskazanie słownika i dokładne sprecyzowanie reguł gramatycznych, składni. Jawną niezgodność z tym wzorcem języków, jakie spotykamy w pracach prezentujących wyniki naukowe, próbuje się zminimalizować, wprowadzając rozróżnienie między *językiem wykładu* a *językiem przedmiotowym*[3] danej teorii. Argumentuje się przy tym, że idealizacyjne traktowanie przedmiotowego języka nauki (teorii) jako języka sztucznego jest dopuszczalne.

Pojęcie „dopuszczalna idealizacja" jest pojęciem względnym, zależnym od kontekstu badawczego. Każda teoretyczna analiza dowolnego przedmiotu badania, w tym także pewnych elementów czy aspektów nauki, zawiera momenty idealizacyjne. Sądzę też, że w pewnych kontekstach idealizacja, o której tu mówimy, jest rzeczywiście dopuszczalna — nie wtedy jednak, gdy celem naszym jest w miarę wyczerpująca teoria nauki. Języki sztuczne różnią się od naturalnych nie tylko tym, że są precyzyjnie, jednoznacznie scharakteryzowane poprzez wyraźną definicję *zbioru formuł poprawnie zbudowanych*, ale jeszcze i tym, że znaczenie ich terminom (poza *pierwotnymi*) nadają konwencje terminologiczne, podczas gdy terminom języka potocznego — znaczenie nadaje zwyczaj językowy. Terminy pierwotne języka sztucznego, przy pomocy których definiowane są wszystkie inne (*pochodne*) terminy, nie mają jednoznacznie ustalonego znaczenia: mają być interpretowane tak, by twierdzenia teorii były przy tej interpretacji zdaniami prawdziwymi. Teoria sformułowana w sztucznym języku, jeśli nie jest sprzeczna, i jeśli metody definiowania są starannie dobrane, w ogóle nie może być

[2] W pracy *Formalna struktura...* (1989) przedstawiam teoriomnogościową strukturę mendlowskiej genetyki.

[3] Przypomnijmy, że jest to najuboższy język niezbędny do wyrażenia twierdzeń teorii.

fałszywa[4]: najwyżej jej terminy pierwotne (a za nimi wszystkie pochodne) są niewłaściwie rozumiane.

Idealizacyjne założenie o sztuczności przedmiotowych języków teorii empirycznych skutkuje bezapelacyjnie koniecznością traktowania tych teorii jako «empirycznie zinterpretowanych» rachunków formalnych (matematycznych). Wskazywane powyżej trudności, na jakie napotykają ci, którzy zdecydowali się na to modelowe rozwiązanie, pozwalają zrozumieć moją do niego awersję. Twierdzenia teorii empirycznych (nawet fizyki, a tylko one mogą być o to w miarę zasadnie posądzane) nie są twierdzeniami, ani nawet formułami matematycznymi. Wprawdzie fizycy lubią czasem nieco prowokacyjnie twierdzić, że „właściwie cała mechanika jest pewnym działem teorii równań różniczkowych zwyczajnych", albo: „zasady termodynamiki [...] można uważać za matematyczne pewniki, definiujące pewien model matematyczny." (Huang 1978, s. 15). Jednak natychmiast obwarowują te twierdzenia uwagami typu: równanie matematyczne musi być uzupełnione wskazaniem, „które z wielkości matematycznych [...] odpowiadają obserwowanym wielkościom fizycznym, a dokładnie: które z wyników rachunkowych i w jaki sposób odpowiadają rozmaitym wynikom pomiarów" (Kopczyński, Trautman 1981, s. 24). Na przykład, w przestrzeni Hilberta „wyróżnia się pewien operator hermitowski (hamiltonian). Jego wartości własne określają poziomy energii atomu wodoru, a co za tym idzie częstości światła emitowanego przez ten atom" (tamże, s. 23).

Nie znaczy to, że rekonstruowanie formalnej struktury teorii empirycznej uważam za niepotrzebne czy mało istotne. Przeciwnie, bowiem w pełni doceniam (ogromną) rolę pracy teoretycznej w rozwijaniu teorii empirycznych: wyprowadzanie wniosków, uzyskiwanie wyników na drodze — jak pisze o tym Einstein — „wyszukiwania najprostszych pojęć matematycznych i ich związków."[5] Nie uważam też środków formalnych (głównie dowodowych) za neutralne «maszynki dedukcyjne», przekształcające, «bez strat w prawdziwości» (*salva veritate*) przesłanki empiryczne w takież wnioski; toteż badanie ich roli uważam za celowe, a nawet konieczne. Sprzeciwiam się tylko jednostronności, *utożsamianiu* teorii empirycznej z jej strukturą formalną. Podpisuję się pod opinią, iż wprawdzie „termodynamika, jako model matematyczny, może być zaksjomatyzowana według najlepszych tradycji matematyki, [ale] takie sformułowanie mało przyczynia się do zrozumienia fizyki." (Huang 1978, s. 15).

W strukturalistycznych rekonstrukcjach wzór:

(*) $$f(a, t) = k\frac{g(a, t)}{h(a, t)}$$

---

[4] Każdy niesprzeczny system formalny posiada model (semantyczny), czyli taką interpretację, przy której jego twierdzenia są prawdziwe.

[5] I dodaje: „w ograniczoności istniejących matematycznie prostych rodzajów pola oraz prostych równań, które są pomiędzy niemi możliwe, teoretyk pokłada nadzieję, że potrafi zgłębić rzeczywistość" (1935, s. 198).

wraz z informacją, że $a \in P$ (P jest dowolnym, niepustym i skończonym zbiorem), $t \in T$ ($T \subseteq Re$) oraz $k \in \mathbf{N}$, jest prawem naukowym. Istnieje nieskończenie wiele czysto matematycznych interpretacji tej formuły. Pomińmy tę komplikację. Ale przecież nie wystarczy nawet wiedzieć, że f w powyższym wzorze symbolizuje, powiedzmy, przyśpieszenie, z jakim porusza się ciało (a nie np. natężenie prądu w przewodniku, ciśnienie porcji gazu, moc silnika, masę ciała itd.), g wypadkową sił działających na to ciało (a nie siłę elektromotoryczną, temperaturę, pracę, energię potencjalną), zaś h masę ciała (a nie opór, objętość, czas pracy silnika, wysokość), by wyrazić zasadę głoszącą, że:

> Przyśpieszenie, z jakim porusza się punkt materialny a w chwili t, jest proporcjonalne do wypadkowej g sił nań działających w chwili t i odwrotnie proporcjonalne do jego masy.

Oprócz rozumienia, czym jest wypadkowa sił (wektorów) i na czym polega proporcjonalność, musimy wiedzieć, co to znaczy, że siła działa, że ciało materialne (punkt) się porusza, że ma masę (a nie np. kłopoty z nadwagą), wreszcie czym jest punkt materialny. Formuła (*) nie jest prawem fizyki; jest matematycznym wyrazem tego prawa.

Pamiętając o tym uwikłaniu języka nauk empirycznych, z jednej strony w związki z językiem potocznym i językiem badań empirycznych, a z drugiej — z językiem nauk formalnych (logiki i matematyki), będziemy jednak mówić o językach teorii empirycznych. Mimo że język nauki wyrasta z języka potocznego, stara się uniknąć wad tego ostatniego: niejednoznaczności i nieostrości terminów. Teorie naukowe opisują pewien fragment rzeczywistości wyróżniony poprzez *konceptualizację*: wskazanie obiektów i ich własności będących w polu zainteresowania danej teorii. *Specyficzne terminy* danej teorii są nazwami opisywanych obiektów (abstrakcyjnych) oraz ich własności i są precyzowane, na ile to jest tylko możliwe. Mówiąc o słowniku teorii empirycznej, będziemy mieli na uwadze jej terminy specyficzne. Sposób formułowania twierdzeń jest wyznaczony gramatyką języka naturalnego oraz gramatyką tego rachunku, nad jakim «nadbudowana» jest dana teoria.

Jednak język teorii empirycznej jest językiem *zinterpretowanym*, «przejrzystym» dla jego użytkowników, tak jak języki naturalne, potoczne. Tak też jak języki naturalne, może być badany przez językoznawców, logików czy filozofów języka. W ramach tych badań można podejmować problem *znaczenia* i *oznaczania* terminów tego języka, tak jak to się robi w wypadku innych języków. Można wyróżniać w nim warstwę syntaktyczną, semantyczną czy pragmatyczną. Potraktowanie jednak tych problemów jako właściwych do rozstrzygania przez filozofię nauki, rodzi szereg *pseudoproblemów*, które w nauce w ogóle nie występują, a są zrodzone przez narzędzia użyte do jej badania. Cały problem *modelu właściwego* czy *zamierzonej interpretacji języka* teorii empirycznej jest właśnie pseudoproblemem dla takiej filozofii, która chce zrozumieć strukturę i mechanizmy rozwoju nauki. Nie jest bowiem tak, by uczeni *najpierw* rozwijali teorię na gruncie syntaksy (a więc na gruncie «czysto językowym»), a *potem* rozglądali się za możliwymi interpretacjami jej języka i jej semantycznymi modelami, a

wreszcie wskazywali jeden z nich jako model właściwy. Pomijając zresztą to «najpierw» i «potem», które obrazują kolejność działań, i skupiając uwagę na gotowym «wytworze» nauki, teorii, nie znajdziemy w jej strukturze niczego, co odpowiadać by mogło (pozajęzykowej) strukturze relacyjnej, będącej jej modelem semantycznym.

Prawa przyrody

Poznawcza funkcja nauki sprowadzać ma się do opisu rzeczywistości. Nawet tych, którzy skłonni są zgodzić się z tą tezą, dzielić mogą zasadnicze różnice, bowiem nie jest bynajmniej jasne, na czym ów opis miałby polegać. Skłaniam się do poglądu, zgodnie z którym opisywanie przyrody polega na wskazywaniu praw nią rządzących i budowaniu modeli zjawisk. Różnicę między wyróżnionymi typami zadań uważam zresztą za pozorną: poznanie pewnej prawidłowości w świecie jest bowiem równoznaczne z odkryciem jakiegoś zjawiska, zaś rozpoznanie zjawiska nie jest możliwe bez zaobserwowania pewnej prawidłowości. To dwie strony tego samego medalu, dwa sposoby mówienia o tym samym.

Pojęcie „prawa" kojarzy się z pojęciem „normy" czy „zakazu" i takie właśnie skojarzenie uważam za właściwe. Chcę bowiem traktować twierdzenie wyrażające prawo przyrody nie jako «spis z natury», ale jako normę, oddzielającą to, co jest dopuszczalne (co jest możliwe, co może zdarzyć się w rzeczywistości), od tego, co jest wykluczone (co nie może mieć miejsca), a więc raczej jako opis możliwości czy tendencji niż skondensowany zapis realnych faktów[6]. Realne fakty są rozpoznawane przez naukę jako skomplikowana (w istocie unikalna) wypadkowa realizacji wielu różnych tendencji[7], wielu możliwości. Konceptualizacja, umożliwiająca odkrycie prawa przyrody (czy stosowanie teorii), ogołaca badane przedmioty fizyczne z większości cech im przysługujących, pozostawiając tylko te, które składają się na ów «względ», pod jakim są one badane. Przedmioty te spełniają w ten sposób rolę *reprezentantów* abstrakcyjnych obiektów nauki. Prawa przyrody realizują się w określonych, «czystych» sytuacjach, są prawidłowościami w zachowaniu się abstrakcyjnych obiektów, te zaś nie redukują się do zbiorów stowarzyszonych z nimi fizycznych przedmiotów, a co więcej, przynależność do danego zbioru w przypadku wielu obiektów abstrakcyjnych (pomyślmy choćby o *punkcie materialnym*) nie jest trwała. Tylko też wtedy, gdy fizyczny przedmiot znajdzie się w takiej «czystej» sytuacji, lub gdy udaje się oszacować i uwzględnić wpływ «zaburzeń», możemy oczekiwać, że prawo obejmuje również zachowanie się tego przedmiotu.

Prawa przyrody mają różny stopień ogólności. Nieraz ujmują zależności między własnościami tak powszechnie przysługującymi przedmiotom, że obowiązują *zawsze i*

---

[6] Jest w tym ujęciu pewne podobieństwo do poglądów Poppera (1977), który traktuje tam prawa nauki jako *zakazy*, wykluczające pewne stany rzeczy. Stanowisko to wiąże się z Popperowskim *falsyfikacjonizmem*, nie na tyle jednak ściśle, by wymagało uznania tego poglądu, który budzi moje liczne zastrzeżenia.

[7] Było to słusznie krytykowane przez Bergsona; niestety, nie wskazał on żadnej rozsądnej alternatywy.

wszędzie: świat jest taki, że każde dwa ciała materialne oddziałują na siebie grawitacyjnie, że każde dwa fermiony znajdują się w różnych stanach, że ładunki jednoimienne odpychają się, że istnieje maksymalna prędkość rozchodzenia się sygnałów itp. Prawo Galileusza obowiązuje już tylko swobodnie spadające w próżni ciała materialne, gdy znajdują się w pobliżu Ziemi.

Prawa przyrody wyrażają też różne typy zależności. Ujmują np. statyczne (korelacyjne) zależności między wielkościami charakteryzującymi badany przedmiot, takie np., jakie mają miejsce pomiędzy natężeniem prądu, napięciem a opornością przewodnika, czy między temperaturą, ciśnieniem a objętością porcji gazu. Ujmują jednak również prawidłowości dynamiczne w zachowaniu się obiektów, czyli określone sekwencje stanów, trajektorie przebiegu zjawisk (np. zjawisko swobodnego spadku, ruchu wahadła matematycznego itp.). Rozróżniane są także prawa kategoryczne i statystyczne.

Prawa przyrody, wyrażone w pewnym języku, są twierdzeniami nauki. Twierdzenia dotyczące tego samego zjawiska, czy klasy zjawisk, używające do ich opisu wzajemnie powiązanych pojęć, tworzą *teorię*, zbiór zdań nie tylko *merytorycznie* (poprzez odnoszenie się do tego samego przedmiotu), ale i *formalnie* ze sobą związanych. Realistycznie zorientowani filozofowie podkreślają odrębność praw przyrody i wyrażających je twierdzeń nauki. Argumentuje się zwykle, że to samo prawo przyrody może być wyrażone w różnych językach. Chwilową prędkość ciała będącego w ruchu mogę definiować jako średnią prędkość na jakimś skończonym niewielkim odcinku drogi ($\frac{\Delta s}{\Delta t}$) lub jako pochodną funkcji położenia po czasie ($\frac{ds}{dt}$). Twierdzenia, w których pojawią się odpowiednie prędkości, będą wyrażone w różnych językach; będą więc różne. Natomiast będą wyrażać to samo prawo.

Zgodzić się trzeba z opinią, że ta sama dziedzina rzeczywistości może być opisywana przy pomocy różnych języków (siatek pojęciowych) i można odwoływać się przy tym do sensowniejszych przykładów niż ten, którym posłużyłam się powyżej. Czy ma jednak sens mówienie o prawach przyrody w ogóle bez odniesienia do jakiegoś języka, do jakiegokolwiek języka? Można z ideologicznych powodów upierać się, że jest to możliwe, że prawidłowość (prawo) jest na przykład sekwencją pewnych stanów rzeczy czy związkiem między własnościami przedmiotów, że w związku z tym jest czymś pozajęzykowym. Ale gdy zechcemy mówić o stanach, czy wskazywać własności, czy możemy obejść się bez języka? Weizsäcker (1988) ze zniecierpliwieniem odmawia miana „realistów” tym, którzy potrafią jedynie powiedzieć, że świat *istnieje* i jest *jakiś*. Choć rozumiem intencje realistów, nie przywiązuję większej wagi do odróżniania praw przyrody od twierdzeń je wyrażających. Może dlatego, że doceniam rolę formalnych struktur w budowaniu gmachu wiedzy, w docieraniu do rzeczywistości.

Neopozytywiści, którym Hacking zarzuca niedocenianie pracy empiryków, nie doceniali moim zdaniem również pracy teoretyków. Nieco tylko upraszczając neopozyty-

wistyczny model teorii naukowej, otrzymujemy następujący obraz: skrzętne zbieranie faktów (zdań protokolarnych) owocuje indukcyjnymi uogólnieniami, wyjściowymi twierdzeniami teorii. Te zaś — przepuszczone przez «dedukcyjną maszynkę» jakiegoś rachunku formalnego — rozmieniają się znowu na zdania o faktach, które możemy już konfrontować z rzeczywistością. Jest to obraz z gruntu fałszywy.

> „Nowy język matematyczny, stworzony z myślą o konkretnej sytuacji, może w istocie odsłonić tereny badań zgoła dla jego twórców nieoczekiwane. Tak się stało w wypadku rachunku różniczkowego, na którego podstawie zbudowano dynamikę klasyczną. Tak się również stało w wypadku rachunku operatorowego. Rychło okazało się, że teoria kwantowa, którą zapoczątkowały domagające się wyjaśnienia niespodziewane odkrycia doświadczalne, jest brzemienna w nowe treści" (Prigogine, Stengers 1990, s. 238).

To, „iż księga przyrody pisana jest językiem linii prostych, kół i trójkątów", że „przyroda jest urzeczywistnieniem tego, co pod względem matematycznym jest możliwie najprostsze", jest rzeczywiście zdumiewające[8]. Być może da się to wyjaśnić tym, że matematycy nie żyją w platońskim świecie idei czy pitagorejskim świecie liczb, a w tym samym świecie, co geometrzy, kupcy, fizycy i pozostała reszta ludzi. Być może jest to zasługa WIELKIEGO MATEMATYKA. Nie mogę tu, bo nie potrafię, rozstrzygnąć tego problemu. Faktem jest jednak, że „równania są mądrzejsze niż ci, którzy je napisali". Przywołajmy przykład na poparcie tej tezy:

> „Pierwszą pracę teoretyczną dotyczącą modelu kosmologicznego opartego na ogólnej teorii względności opublikował Einstein w roku 1917. Praca ta przedstawiała statyczną, bezczasową wizję świata, wizję Spinozy przeniesioną na grunt fizyki. Lecz zaraz potem nadeszło nieoczekiwane. Otóż od razu stało się widoczne, że istnieją inne, już zależne od czasu rozwiązania kosmologicznych równań Einsteina. Odkrycie to zawdzięczamy rosyjskiemu astrofizykowi A. Friedmannowi i Belgowi G. Lemaitre'owi. W tym samym czasie Hubble i jego współpracownicy badając ruchy galaktyk wykazali, że prędkość odległych galaktyk jest proporcjonalna do ich odległości od Ziemi. Związek tego z rozszerzaniem się wszechświata, które odkryli Friedmann i Lemaitre, jest oczywisty" (tamże, s. 231).

Ten fragment z historii kosmologii potwierdza też inną tezę, która była tu stawiana: rozwój nauki to nieustanny dialog między teorią (odkrycie rozszerzania się wszechświata) a empirią (odkrycie ucieczki galaktyk). Bez odkrycia Hubble'a rozwiązania Friedmanna i Lemaitre'go były «ciekawostką teoretyczną», ale bez nich obserwacje Hubble'a byłyby niewyjaśnionym faktem — «ciekawostką przyrodniczą».

---

[8] Polecam książkę *Matematyczność przyrody* (Kraków 1992).

Teorie empiryczne

Teorię empiryczną określam jako zbiór twierdzeń merytorycznie i formalnie ze sobą związanych. Nie jest to jednak przyzwoita definicja, na podstawie której można by sformułować *kryterium* pozwalające wyróżnić pewien zbiór zdań jako teorię. Pomińmy definicje strukturalistyczne, które jako teorie wskazują zbiory struktur, a nie zdań. Tak jawnie mijają się one ze sposobem używania terminu „teoria" w naukach empirycznych, że zaiste mogą być traktowane jako «ciekawostka formalna»[9]. Bardzo porządna jest definicja teorii jako formalnego systemu aksjomatycznego, określająca zbiór twierdzeń teorii (jej *zawartość*) jako zbiór konsekwencji logicznych twierdzeń wyjściowych, aksjomatów. Nie dostarcza ona również dobrego kryterium, bowiem zbiór ten nie jest obliczalny, a tylko rekurencyjnie obliczalny, ale wyraźnie zakreśla granice teorii. Niestety, gdyby zastosować tę miarę do całego tego «kramu» z monografii lub podręczników prezentujących teorie nauk empirycznych, to nawet klasyczna teoria punktu materialnego nie zakwalifikowałaby się do zbioru przyzwoitych teorii.

Przede wszystkim przedstawiciele nauk empirycznych mają większe wymagania odnośnie do tego, co uznają za twierdzenie nauki. Na pewno nie wchodzą tu w grę jakieś pośrednie kroki dowodowe, czy konstatacje typu: $\alpha \rightarrow \alpha$, nawet gdy α należy już do systemu. Ponadto jeszcze odróżniają *twierdzenia* od *hipotez*. Rozwiązania Friedmanna i Lemaitre'a, bez empirycznej ewidencji, której dostarczył Hubble, pozostałyby jedynie teoretycznymi możliwościami i nikt nie traktowałby ich jako twierdzeń nauki, nie włączał do teorii. Tę trudność omija się czasem przyjmując, że do zawartości teorii należą tylko uznane (za twierdzenia) konsekwencje twierdzeń pełniących rolę aksjomatów.

Z drugiej strony, fizycy uznają twierdzenia, które nie wynikają z twierdzeń wyjściowych systemu. Całość rozumowań stosowanych do rozwijania teorii empirycznej nie da się sprowadzić do rozumowań dedukcyjnych. Część z nich uzasadniana jest indukcyjnie — jak np. twierdzenie o ucieczce galaktyk. Jednakże — można argumentować — to sprawa przypadkowa, a nie zasadnicza, że Hubble odkrył je niezależnie. Wynika ono przecież z twierdzenia o ekspansji Wszechświata. Kierunek odkrycia mógłby więc być taki, jak w wypadku odkrycia planety Uran: najpierw wyprowadzona jest pewna hipoteza, a następnie szuka się jej empirycznego potwierdzenia. Przystańmy na to, jeśli bowiem interesuje nas *struktura* teorii, a nie jej prawdziwa historia czy mechanizmy jej rozwoju, to możemy uznać te argumenty[10].

---

[9] Odpowiedniość między ujęciem zdaniowym a niezdaniowym, która pod pewnymi warunkami ma miejsce, i którą wskazuje Nowaczyk (1990), jest odpowiedniością między teorią traktowaną jako klasa struktur a klasą modeli teorii, traktowaną jako sformalizowany system aksjomatyczny. Teorie empiryczne nie są takimi systemami.

[10] Nie przypuszczam jednak, by ktokolwiek zainteresował się tą hipotezą, bez dokonań Hubble'a, skoro nawet potem — jak czytamy u Prigogine'a i Stengers (1990, s. 231) — „sam Einstein był z tym ostrożny". Ale to już temat dla socjologów nauki.

Nawet jeśli jednak się pominie obecność wnioskowań indukcyjnych, nie sposób uznać teorii empirycznych za systemy dedukcyjne. I nie dlatego nawet, że nigdy nie zostało udowodnione, a w świetle wyników Gödla nie może być udowodnione, że wnioskowania oparte na rachunkach matematycznych odpowiadają *wynikaniu logicznemu*, że mogą stanowić podstawę do zdefiniowania operatora *konsekwencji logicznej*. Zaufanie do nich można by oprzeć (jak radzi Grzegorczyk) „[...] na dedukcyjnym doświadczeniu wielu pokoleń matematyków, którzy na sprzeczność się nie natknęli, oraz na pewnej intuicyjnej przejrzystości podstawowych matematycznych pojęć" (1969, s. 253). Fizycy jednak i tak postępują z rachunkami matematycznymi dość bezceremonialnie, naginając je do swoich potrzeb. Nagminną praktyką, na przykład, przy rozwijaniu jakiejś funkcji w szereg, jest pomijanie jako nieistotnych dalszych, poza pierwszym, ewentualnie drugim, wyrazów tego rozwinięcia, głównie dlatego, że nikt nie ma pojęcia, jakim wielkościom odpowiadać by miały symbole tam występujące. Przez wiele lat, nauczywszy się omijać niebezpieczeństwo wprowadzenia sprzeczności, fizycy traktowali jako funkcję tzw. δ Diraca, która zgodnie z ówczesną wiedzą matematyczną nie była funkcją[11]. Czasami zmuszeni są stosować rachunek matematyczny, który daje wyniki niezgodne z wyobrażeniami na temat rzeczywistości, nie mieszczące się w świecie nauki; wtedy niezgodności te są usuwane niejako «ręcznie». Jest tak obecnie w kwantowej teorii pola, która prowadzi „do wyników porównywalnych z obserwacjami za pomocą rachunków przybliżonych, przy których istotnym elementem jest proces renormalizacji. Polega on na usuwaniu wielkości rozbieżnych («nieskończoności»), jakie pojawiają się w każdej takiej teorii" (Kopczyński, Trautman 1983, s. 28).

Osobnej uwagi wymagają bardzo częste w nauce rozumowania, które Cartwright (1983) nazywa „rozumowaniami *as if*'. Konieczność takich rozumowań wynikać może stąd, że rozwiązanie odpowiednich układów równań dla bardziej skomplikowanych przypadków przekracza możliwości rachunkowe nie tylko ludzi, lecz i komputerów. 'Problem trzech ciał' w newtonowskiej fizyce może tu być przykładem. Nieraz udaje się uzyskać zadowalające wyniki przyjmując pewne upraszczające założenia. Na każdym kroku spotykamy w teoriach fizycznych uwagi takie, jak[12]:

> „Jeśli pominiemy opór powietrza, co można zrobić w pewnym zakresie prędkości i przy pewnych założeniach dotyczących masy, kształtów i rozmiarów tego ciała [...], to" *etc.*

---

[11] „Jako przykład można tu wymienić historię tzw. funkcji δ Diraca. Pojęcie to zostało wprowadzone przez fizyków, chociaż każdy, kto trochę był zaznajomiony z teorią całki, mógł łatwo udowodnić twierdzenie, na mocy którego funkcje takie nie istniały. Fizycy używali tego niezbyt precyzyjnego pojęcia przez przeszło dwadzieścia lat, dopóki matematycy nie stworzyli teorii dystrybucji, która wyjaśniała, czym właściwie są te «funkcje», a tym samym sankcjonowała ich używanie" (Kopczyński, Trautman 1981, s. 27). Porównaj też w tej kwestii: Nadel-Turoński (1973).

[12] Wszystkie przykłady pochodzą z pracy: Kopczyński, Trautman (1981), s. 21, 27, 191.

„Jeśli nie brać pod uwagę występowania ładunków punktowych [...], cała teoria Maxwella" *etc.*

„Aby rozwiązać układ równań Friedmanna, trzeba założyć pewne równanie stanu. Ciśnienie w obecnym stadium rozwoju Wszechświata jest małe w porównaniu z gęstością masy. Dlatego rozsądne jest położenie $p = 0$, czyli uznanie materii kosmicznej za pył. Wtedy równania Friedmanna" *etc.*

W pracy teoretyków zdarzają się rozumowania jeszcze bardziej odległe od dedukcji. Pojęcie „promieniowania kosmicznego" pojawiło się w nauce dzięki tak mało poważanemu przez logikę *rozumowaniu przez analogię*. Okazało się mianowicie, że „pewne rozwiązania równań opisujących pole grawitacyjne są podobne do pewnych rozwiązań równań Maxwella, które, jak dobrze wiadomo na podstawie doświadczenia, opisują fale elektromagnetyczne"(tamże, s. 29).

Wszystko to raz jeszcze potwierdza tezę, że nauki empiryczne, nawet tak wysoce «zmatematyzowane» jak fizyka, nie są «zinterpretowanymi empirycznie rachunkami matematycznymi». Dowodzi też, jak sądzę w wystarczającym stopniu, że traktowanie teorii empirycznej jako aksjomatycznego systemu dedukcyjnego jest zbyt daleko idącą idealizacją.

Nie pozostaje nam więc nic innego, jak zdać się na opinię samych naukowców w ocenie tego, co jest teorią empiryczną. Nie można się tu jednak spodziewać uzyskania jednoznacznego kryterium, bowiem w zależności od autora i kontekstu różne zbiory zdań wskazywane są jako teorie. Nawet w sytuacji «odświętnej», gdy naukowcy prezentują swe poglądy filozoficzne, istnieje rozbieżność poglądów. W *QED* (1992) Feynman wymienia trzy teorie: kwantową elektrodynamikę, teorię grawitacji i teorię oddziaływań jądrowych[13]. Teorie te opisywać mają «wszystko»: ogół zjawisk kosmologicznych, fizycznych i chemicznych („[...] biologowie starają się w miarę możliwości interpretować życie poprzez chemię"). Dla wielu fizyków te trzy teorie to też za wiele, i dążą do stworzenia tej jednej jedynej TEORII, o której marzył Weizel (1958). Nie jest to jednak dążenie powszechne. Zauważmy, jak silne założenia o jednorodności przyrody i redukowalności zjawisk do jakiegoś podstawowego poziomu kryją się za takim stanowiskiem. Nie wszyscy je podzielają. W pracy Prigogine'a i Stengers (1990, s. 242) czytamy na przykład:

„Prawdziwa nauka, jaka płynie z zasady komplementarności[14], nauka, którą zapewne można przenieść na grunt innych dziedzin wiedzy, polega na uwypukleniu bogactwa realnego świata, tak niepomiernego, iż nie sposób go zawrzeć w żadnym pojedynczym języku, w żadnej jednostkowej strukturze logicznej. Każdy język może wyrazić jedynie fragment rzeczywistości.

[13] „[Elektrodynamika kwantowa] opisuje *wszystkie* zjawiska świata fizycznego, wyjąwszy efekty grawitacyjne [...] oraz zjawiska promieniotwórczości, związane ze zmianą poziomów energetycznych jąder" (Feynman 1992, s. 13). Lakatos (1978) mówiłby w tym wypadku o *programach badawczych*

[14] Chodzi tu o Bohrowską zasadę komplementarności w mechanice kwantowej — przyp. *E.K.*

«Na co dzień» jednak dużo skromniejsze zbiory zdań, odnoszące się do stosunkowo wąskiej klasy zjawisk, są nazywane „teoriami": fizyka ciała stałego, fizyka niskich temperatur, mechanika ośrodków ciągłych, cytochemia, mykologia itp. A jeszcze nauka buduje modele zjawisk.

Modele

Termin „model" występuje często zarówno w literaturze fachowej poszczególnych dyscyplin szczegółowych, jak i w pracach z zakresu filozofii nauki. Co więcej, używa się go w tak różnych znaczeniach, że nie ma pewności, czy można określić — inaczej niż funkcjonalnie — *genus proximum* tego pojęcia. Będę się więc starała przywołać pewne intuicje; definicja, którą mogłabym skonstruować, nie zdołałaby zrobić więcej.

„Modele [...] opisują zwykle jedno zjawisko lub grupę zjawisk podobnych." Taką charakterystykę znajdujemy w często cytowanej tu pracy *Czasoprzestrzeń i grawitacja* (Kopczyński, Trautman 1981). Omawiając przykładowo lot kuli armatniej — w którym Kopczyński i Trautman wyróżniają (przynajmniej) trzy zjawiska: 1) zjawisko ruchu ciała w polu grawitacyjnym, 2) zjawiska aerodynamiczne, w tym akustyczne, 3) zjawiska cieplne — autorzy dodają: „Trzeba tu wyróżnić [...] czynniki decydujące o jego przebiegu [...]. Znalezienie tego, co jest istotne w danym zjawisku, nie jest na ogół łatwe i wymaga pomysłowości oraz intuicji fizyka zajmującego się tym zagadnieniem." (tamże, s. 21).

Model jest więc abstrakcyjnym obrazem, wyobrażeniem sobie istoty zjawiska, abstrakcyjnych przedmiotów tu zaangażowanych, rodzaju zależności, które go konstytuują, przebiegu zjawiska. To «twór myśli ludzkiej» — jak określają Bohrowski model atomu Kopczyński i Trautman w cytowanym wcześniej fragmencie[15]. Powyższa *dekompozycja*[16] lotu kuli armatniej angażuje trzy diametralnie różne modele. W największym skrócie: 1) prostopadłe do nieskończonej płaszczyzny linie sił pola grawitacyjnego i poruszający się w tym polu punkt materialny; 2) fale powietrza wywołane ruchem masywnego, okrągłego przedmiotu; 3) zderzenia cząsteczek gazu z cząsteczkami związanymi w kuli. Powyższe przykłady nie powinny sugerować, że budowane w fizyce modele odwołują się zawsze do wyobrażeń kształtowanych przez klasyczną fizykę. Modele buduje się również w najnowszych teoriach fizyki, „chociaż sprawa ta ze względu na utratę poglądowości nie jest już taka prosta" (tamże, s. 24). Pojęcie „nieskończonej bariery potencjału", czy zjawisko momentalnego zbiegania się funkcji falowej do punktu, pojawiające się w modelach budowanych w mechanice kwantowej, wymaga raczej wyobraźni matematyka niż wyobraźni «zwykłego zjadacza chleba» oswojonego z klasycznym obrazem świata.

---

[15] Dodają przy tym, przypomnę, że „fizycy teoretycy zajmują się modelami".

[16] Termin „dekompozycja" zapożyczyłam z pracy Mejbauma (1983), choć ten — jak widzieliśmy to wyżej — używa go w innym znaczeniu.

Każda nauka buduje modele opisywanych zjawisk. Niekiedy jednak model taki można opisać precyzyjnie w języku naukowym nadbudowanym nad jakimś rachunkiem matematycznym[17]. Mamy wtedy do czynienia z *matematycznym modelem* zjawiska[18]. Popełnilibyśmy jednak błąd przyjmując bez zastrzeżeń wyjaśnienie:

> „W jakim sensie modele zjawisk fizycznych mają charakter modeli matematycznych? W wielu przypadkach wręcz dosłownie. Na przykład równanie różniczkowe, będące modelem rzutu ukośnego, jest pewnym fragmentem teorii równań różniczkowych (tamże, s. 27).

Uparcie powtarzam, że nie jest. Zresztą dalsze uwagi zdają się potwierdzać moją opinię. Samo równanie nie wystarczy: „oczywiście przed napisaniem tego równania trzeba dodać, że mamy do czynienia z przestrzenią euklidesową, w której rozpatruje się krzywe spełniające powyższe równanie różniczkowe" (tamże, s. 22). W każdym zaś wypadku trzeba wskazać, powtórzmy, „które z wielkości matematycznych występujących w modelu odpowiadają obserwowanym wielkościom fizycznym, a dokładnie: które z wyników rachunkowych i w jaki sposób odpowiadają rozmaitym wynikom pomiarów [...]. W przypadku gdy mamy do czynienia z modelami klasycznymi, jest to dość łatwe. [...] To samo można zrobić również dla modeli kwantowych [...] Tu za pomocą pewnych operacji matematycznych otrzymuje się z elementów przestrzeni Hilberta liczby, które dadzą się porównać z doświadczeniem" (tamże, s. 24).

Te ostatnie uwagi jasno wskazują, że modele budowane są wewnątrz świata nauki, w ramach istniejących teorii empirycznych (niekoniecznie jednej) wtedy, gdy istnieje taka teoria (czy teorie). Nie zawsze jednak tak jest. „Często jednak bywa tak, że fizycy nie sprowadzają modelu zjawisk fizycznych do fragmentu matematyki, lecz tworzą coś, o czym żywią nadzieję, że stanie sie modelem matematycznym" (tamże, s. 27). Jest to sytuacja, gdy przypadkowe odkrycie (jak to Becquerela czy Roentgena), badania eksperymentalne, a nawet rozwój techniki, za którym nauka często z trudem nadąża, nie mieszczą się w ramach istniejących teorii i poszukuje się dopiero struktury pojęciowej i odpowiedniego języka[19] dla wyrażenia obserwowanych prawidłowości. Nawet jednak gdy istnieją odpowiednie teorie, sprawa może nie być prosta. Pamiętajmy, że budowa modelu wymaga „pomysłowości i intuicji". Mejbaum (1985) przypomina historię nad-

---

[17] To przydługie określenie ma nam przypominać o tym, że język nauki jest językiem zinterpretowanym, nawet wtedy, gdy wydaje się, że jest po prostu „fragmentem teorii równań różniczkowych zwyczajnych".

[18] Można mówić również o modelach pewnych obiektów. Nie wprowadzam tu rozróżnienia między modelem zjawiska a modelem obiektu, bo z trudem (i niechętnie) rozróżniam obiekty (a rzecz dotyczy obiektów opisywanych przez naukę, a więc obiektów abstrakcyjnych) i zjawiska. Nauka nie potrafi opisać kamelii Nancy Cartwright w całej ich złożoności (są one jedyne i niepowtarzalne) i pani Cartwright niesłusznie się na nią gniewa. Jeśli jakiś obiekt pojawia się w nauce, to tylko dlatego, że stoi za nim tłum podobnych, że zaobserwowano pewną prawidłowość, pewne zjawisko.

[19] W fizyce chodzi zwykle o język jakiejś teorii matematycznej i nieraz matematyka spóźnia się z dostarczeniem odpowiednich narzędzi formalnych, podobnie jak nauki empiryczne (czy techniczne) nie nadążają nieraz za techniką.

przewodnictwa w niskich temperaturach, które choć zostało odkryte w roku 1911, ponad czterdzieści lat (1957) czekało na odpowiedni model[20] w ramach mechaniki kwantowej. W to, że taki model można zbudować, nikt nie wątpił; było to zjawisko, które mechanika kwantowa *powinna* opisywać. Trzeba było rzeczywiście nie lada pomysłowości, by przypuścić, że w nadprzewodniku (inaczej niż w zwykłym przewodniku prądu) elektrony przemieszczają się połączone w pary i w związku z tym winny być traktowane jako *bozony* (o spinie równym 1), a nie *fermiony* (o spinie 1/2).

Ale tu wyłania się następna komplikacja. Modele — w języku nauki — opisują pewne zjawiska (czy obiekty) ze świata nauki: czym w takim razie różnią się od teorii naukowych? Fizycy, na których opinię tak często tu się powołuję, nie widzą, poza ilościową, zasadniczej różnicy:

> „Rozgraniczenie między teorią a modelem nie jest zbyt ostre. Ogólnie mówiąc, modele stosują się do pojedynczych zjawisk lub do grup zjawisk podobnych, teorie zaś dostarczają zwykle modeli różnych zjawisk, nieraz pozornie dość odległych" (tamże, s. 26).

Zgadzając się generalnie z tą uwagą, pragnę dorzucić pewne spostrzeżenie: pojęcia „teorii" i „modelu" nie są stałymi kwalifikacjami określonych struktur teoretycznych (zbiorów zdań merytorycznie i formalnie ze sobą związanych). Odpowiednia kwalifikacja zależy od stanu badań w danej dziedzinie, od związków różnych takich struktur w obrębie pewnej dziedziny wiedzy, a także od roli, jaką pełni dana struktura teoretyczna w rozwoju wiedzy naukowej. Gdy rozpoznane jest nowe zjawisko, próbuje się zrazu zbudować jego model (opis teoretyczny) przy pomocy istniejących teorii, rozpoznać to zjawisko jako fragment istniejącego w tym czasie świata nauki. Kiedy to się nie udaje, powstają zręby nowej teorii, świat nauki ulega istotnemu poszerzeniu. Pierwsze ustalenia, zazwyczaj prawa *faktualne*, wymagają włączenia, zharmonizowania z zastanym światem nauki, i pojawiają się hipotezy coraz luźniej związane z empirią, a zarazem teoria poszerza obszar, jaki obejmuje. Z perspektywy rozwiniętej teorii te początkowe dokonania (jeśli uda się wyodrębnić ich zasięg) postrzegane są jako model pewnego obiektu. Bohrowski model atomu wodoru dziś jeszcze nazywany jest „starszą teorią kwantów". Nazwa ta pamięta czasy, gdy była to najlepsza teoria wyjaśniająca selektywne pochłanianie światła o określonych długościach fal, efekt fotoelektryczny itp. Podobnie dzieje się z ugruntowanymi teoriami, gdy pojawia się nowa synteza teoretyczna obejmująca swym zakresem zjawiska przez nie opisywane. Zwykle dzieje się tak (choć zdarzają się odstępstwa od tej reguły), że «stare» teorie stają się *szczególnymi* przypadkami teorii nowej, *modelami* określonej klasy zjawisk i dopiero wtedy mogą stać się *teoriami zamkniętymi*.

Heisenberg określa jako „zamkniętą" — teorię, która wyczerpała już swoje wewnątrzteoretyczne cele, nie jest w stanie objąć swych anomalii, i której nie można już

[20] Mejbaum mówi w tym wypadku o braku *koordynacji*, nie — modelu.

«poprawić», bowiem każde ulepszenie prowadzi do zasadniczo nowej teorii. Obiecuje takim teoriom — jak pamiętamy — że „gdzie tylko będzie można opisywać doświadczenie pojęciami tej teorii, choćby w najdalszej przyszłości, tam zawsze prawa tej teorii okażą się słuszne" (Heisenberg 1979, s. 105).

Ale nie wszystkim teoriom udaje się «okrzepnąć» w postaci teorii zamkniętej. Nawet długowieczność tego nie gwarantuje. Po przeszło stu latach panowania, mając licznych obrońców, odeszła na półki historii Stahlowska teoria flogistonu, bowiem charakterystyki flogistonu okazały się nietrafne. Gdy rozpowszechniła się ilościowa analiza zjawisk chemicznych, utrzymanie teorii flogistonowej wymagało wyposażenia flogistonu w nowe własności i przypisania mu zespołu cech nieakceptowalnego przez naukę nawet jako kontrfaktyczny opis idealizacyjny[21]. Można traktować punkt materialny jako ciało o pomijalnych (w danych warunkach) rozmiarach. Przypisanie jednak flogistonowi np. ujemnej masy, jak to proponowali obrońcy teorii, było nie do pogodzenia z ówczesną wiedzą o świecie, i jest nie do pogodzenia dzisiaj, choć nauka zna już cząstki o ujemnej masie. Wydaje się więc, że po burzach rewolucji naukowych ostają się, jako zamknięte, tylko te teorie, które uchwyciły jakiś istotny rys rzeczywistości, definiują jakiś *naturalny* gatunek, obiekt teoretyczny, który może być zdefiniowany w teorii nowej, przez co stara teoria może być uznana za jego *model*. Myślę, że to miał na uwadze Heisenberg, gdy mówił o możliwości «opisywania doświadczenia» pojęciami starej teorii.

Natomiast nie nazywa się „modelem" teoretycznej struktury w okresie, w którym zasadnicza część wiedzy drzemie jeszcze w nierozwiązanych równaniach, w niewysnutych dotąd konsekwencjach, i gdy teoria rozwija się motywowana wewnątrzteoretycznymi celami. To jest pora «rozwiązywania łamigłówek». Badając możliwości uzyskania innych (zależnych od czasu) rozwiązań równań Einsteina, Friedmann i Lemaitre nie kierowali się chęcią opisania zjawiska ekspansji Wszechświata czy ucieczki galaktyk. A jednak, niezależnie od motywacji uczonych, i w tym okresie modele są niezbędne, by mieć pewność, że rozwijanie teorii idzie we właściwym kierunku: włącza ona stare teorie zjawisk leżących w jej polu zainteresowania jako swoje modele, albo — jeśli to nie jest możliwe — dostarcza w ich miejsce nowe modele, zwykle też umożliwia opisanie nowych zjawisk. Wartość teorii mierzy się jej zdolnością do budowania modeli. Tak też ujmują to Kopczyński i Trautman: „Teoria fizyczna ma dostarczać modeli szerokiej klasy zjawisk" (1981, s. 26).

Konstruowanie modeli jest również jedynym sposobem konfrontowania teorii z rzeczywistością, jedyną metodą sprawdzania jej słuszności (prawdziwości).

---

[21] Historię upadku teorii flogistonu znaleźć można w pracy E. Pietruskiej-Madej (1980).

Prawdziwość teorii

Konstruowanie modeli jest obecne na każdym etapie rozwoju teorii. W okresie ekspansji, gdy zakres teorii nie jest jeszcze ograniczony, jej teoretyczne możliwości sprawdzane są poprzez budowanie modeli zjawisk, których nie potrafiła opisać poprzednia teoria — i przewidywanie zjawisk jeszcze nie obserwowanych. Musi też włączyć dorobek swojej poprzedniczki, budując modele wszystkich tych zjawisk, które tamta poprawnie opisywała. Ale również wtedy, gdy teoria jest już zamknięta[22], zrealizowała już swe wewnątrzteoretyczne cele, opisała podstawowe struktury pewnego obszaru przedmiotowego i sama jest modelem w stosunku do teorii ogólniejszej, która określa zakres jej stosowalności, staje się podstawą dla badań bardziej szczegółowych.

> „Mechanika ośrodków ciągłych — sama będąca dyscypliną mechaniki stosowanej[23] — z pewnością osiągnęła już teoretyczną dojrzałość: cały szereg równań (prawo Stokesa, równanie Bernouilliego) pozwala w zasadzie rozwiązać wszystkie pojawiające się tu problemy. Społeczne zainteresowanie określonymi tematami doprowadziło jednak do dalszego rozwoju ogólnej teorii [...]; techniczne zainteresowanie budową samolotów dało w wyniku aerodynamikę; związane z problematyką środowiska zagadnienie hałasu wpłynęło na powstanie aeroakustyki; badania naukowe serca wymuszają dziś rozwój fizjologicznej teorii przepływów" (Böhme, Van den Daele, Krohn 1984, s. 94, 95)[24].

Budowanie modeli polega na wyodrębnianiu mniejszych, lepiej określonych obszarów z pola, które w zamierzeniu chce obejmować (obejmuje) dana teoria.Wyjściowa teoria definiuje w uwikłaniu abstrakcyjny obiekt obejmujący (w zamierzeniu) otwartą obszerną klasę przedmiotów. Zdefiniowanie modelu jest równoważne dołączeniu do tej definicji *differentiae specificae*, pewnych dodatkowych ograniczeń wyodrębniających z wyjściowej klasy pewien podzbiór, związany z abstrakcyjnym przedmiotem o mniejszej ogólności, powiedzmy: ciałem swobodnie spadającym (w próżni) w pobliżu Ziemi, albo ciałem poruszającym się po orbicie wokół ciała centralnego o bardzo dużej masie itp. Jeśli te ostatnie przedmioty opisywane są przez wiarygodną teorię (obecnie model), to mamy podstawę do uznania, że w każdym razie charakterystyka wyjściowego, ogólniejszego przedmiotu nie jest chybiona: związany z nim zbiór fizycznych przedmiotów nie jest pusty, obejmuje przynajmniej obiekty opisywane przez wcześniejszą teorię (czy wcześniejsze teorie). Wnioskowania, prowadzące do sformułowania twierdzeń definiujących dany model, nie są dedukcjami (jeśli uznać za takie rozumowa-

---

[22] O tym nie można pochopnie przesądzać, skoro „dynamika, ów, zdawałoby się, archetyp kompletnie zamkniętej gałęzi wiedzy, została w istocie gruntownie przeobrażona" (Prigogine, Stengers 1990, s. 282).

[23] Ta zaś wyrasta z klasycznej mechaniki — przyp. *E. K.*

[24] Autorzy cytowanej pracy (G. Böhme, W.van den Daele, W. Krohn) ten etap rozwoju teorii nazywają „finalizacją" — przyp. *E. K.*

nia przebiegające zgodnie z regułami pewnego rachunku matematycznego). Co najmniej dołączają się do nich zdania wyrażające (w języku teorii, na podstawie której model jest budowany) owe *differentias specificas*. Nagminnie pojawiają się w nich rozumowania typu *as if*, szczególnie wtedy, gdy nie są znane rozwiązania ogólne równań wyrażających podstawowe tezy danej teorii, a znane są jedynie rozwiązania przy pewnych założeniach upraszczających. Możliwość zdefiniowania modeli na gruncie takiej teorii jest wtedy jej jedyną legitymacją.

Restrykcyjna zasada korespondencji narzucająca na nową teorię obowiązek obejmowania swym zasięgiem zjawisk opisywanych przez teorię ustępującą, a więc konieczność traktowania jej jako swego modelu, ma swoje dobre strony. Pozwala przejąć empiryczną ewidencję wcześniejszej teorii. Włączenie teorii **T** do teorii **T′**, czyli zbudowanie na gruncie teorii **T′** modelu odpowiadającego teorii **T**, polega na sformułowaniu w języku teorii **T′** zdań (α)[25], wyrażających *to samo*, co twierdzenia teorii **T** (β). Jeśli teoria **T** jest dobrze ugruntowana empirycznie, zjawiska przez nią opisywane należą do świata nauki (z tego okresu; pamiętajmy, że jest on historycznie zmienny), to zastany język nauki, obejmujący język teorii **T**, i co więcej, w którym zdania teorii **T**, w tym oczywiście β, są rozstrzygalne (nawet gdy twierdzenia teorii **T** nie są twierdzeniami faktualnymi), jest fragmentem *metajęzyka* w stosunku do języka teorii **T′**. W języku nauki, metajęzyku dla teorii **T′**, można więc wykazać, że

'α' jest prawdziwe zawsze i tylko wtedy, gdy β.

Jest to z pewnością «nadużycie» słynnej konwencji *T*, ale jak sądzę, tylko w ten sposób można rozszerzyć pojęcie prawdy, zdefiniowane przez Tarskiego dla sformalizowanych języków formalnych, na języki nauk empirycznych.

Konfrontowanie teorii z rzeczywistością odbywa się właśnie przez konstruowanie modeli. Nie zawsze modelem jest teoria, która na gruncie zastanej wiedzy jest dobrze uzasadniona.Często teorie postulują istnienie obiektów i zjawisk dotychczas nie obserwowanych. Uznanie takich teorii (zgodnie z tą *quasi*-Tarskiego teorią prawdy) zależy od możliwości budowania modeli takich, że:

(i) pewne twierdzenia teorii wraz ze sformułowanymi w języku teorii odpowiednimi warunkami są równoważne twierdzeniom opisującym model, w tym sensie, że definiują ten sam przedmiot (przedmioty) w obrębie świata nauki; można wtedy uznać, że w języku nauki twierdzenia modelu są *przekładem* tych właśnie twierdzeń teorii;

(ii) twierdzenia modelu są zdaniami rozstrzygalnymi na gruncie nauki: albo są zdaniami rozstrzygalnymi empirycznie, albo twierdzeniami uznanych teorii.

Przy tych ustaleniach, *uznamy* w czasie *t* teorię *za prawdziwą*, jeśli na jej gruncie można zbudować modele tych wszystkich zjawisk, które — zgodnie z opinią (w czasie *t*) specjalistów z danej dziedziny — powinna ona opisywać. Teorię można by nazwać w

---

[25] Zwykle chodzi tu o koniunkcję twierdzeń teorii **T′** i owych *differentiarum specificarum* wyróżniających obiekty opisywane przez teorię **T**.

chwili t *„prawdziwą"* dopiero wtedy, gdyby dostarczała (wszystkich, które powinna) modeli w dowolnej chwili t' niewcześniejszej niż t ($t \leq t'$). Jest w tej *pragmatycznej*[26] *definicji prawdy* aprioryzm i powinien chyba być. Jedyne teorie, o których dziś już możemy powiedzieć, że są prawdziwe, to teorie zamknięte, pełniące już funkcję definicji: wszystkie przypadki z nimi niezgodne są traktowane jako nie należące do ich zakresu. Są więc prawdziwe, ale tak jak mogą być prawdziwe definicje, których rolę pełnią — na mocy konwencji.

Swiat nauki a rzeczywistość

Na ile jednak — jeśli w ogóle — świat nauki pokrywa się z tą warstwą rzeczywistości, obiektywną, nawet jeśli «przykrojoną» na naszą miarę? Odkrywamy właściwe rzeczywistości uporządkowanie, czy narzucamy na nią nasze wyobrażenia, naszą siatkę pojęciową?[27]

Nowym tonem zabrzmiały dla mnie pełne ostrożnych zastrzeżeń uwagi «późnego» Poppera:

> „Teoria Tarskiego pozwala definiować prawdę jako korespondencję z faktami; ale możemy posługiwać się nią także, aby definiować rzeczywistość jako to, z czym korespondują nasze zdania. Na przykład możemy odróżnić [...] (przypuszczalne) fakty, które są realne, od (przypuszczalnych) faktów, które nie są realne (to znaczy od nie-faktów); [...] możemy powiedzieć, że przypuszczalny fakt, taki jak fakt składania się księżyca z zielonego sera, jest faktem realnym zawsze i tylko wtedy, gdy zdanie [...] „Księżyc składa się z zielonego sera" — jest *prawdziwe*; w przeciwnym razie, przypuszczalny fakt nie jest faktem realnym (lub, jeżeli kto woli, nie jest w ogóle faktem).
>
> I tak samo jak Tarski pozwala zastępować termin „prawda" przez zbiór zdań prawdziwych, tak samo można zastępować termin „rzeczywistość" przez „zbiór faktów realnych".
>
> Ale nie sugeruję tym samym, że termin „prawda" jest w jakimkolwiek sensie bardziej podstawowy niż termin „rzeczywistość"; [...] po prostu chcę powiedzieć, że jeżeli można zdefiniować „prawdę" jako „korespondencję z faktami" lub — co wychodzi na to samo — jako „korespondencję z rzeczywistością", to jest również możliwe zdefiniowanie „rzeczywistości" jako „korespondencji z prawdą" (1992, s. 418, 419).

[26] Jest to pragmatyczna definicja, bo w sposób istotny odnosi się do *kompetencji* specjalistów w danej dziedzinie wiedzy.

[27] Pytania te brzmią znajomo i stawiane są przynajmniej od czasów sceptyków. Wystarczy jednak, jak sądzę, przywołać choćby Poincarégo, Le Roya, Duhema czy Quine'a. Jednak nie dajmy się zmylić: nie chodzi o *rzeczywistość samą w sobie*, a o taką rzeczywistość, w której fakt, że widzimy przedmiot jako zielony jest *tak samo obiektywny* jak to, że odbija on światło o określonej długości fali. To zmienia nieco sens tych pytań.

Wypowiedź ta brzmi tautologicznie tylko wtedy, gdy prawdziwość rozumiemy w duchu *korespondencyjnej* teorii prawdy.Gdybyśmy jednak wiedzieli skądinąd, że nasze poznanie jest prawdziwe, wiedzielibyśmy również, co jest rzeczywiste. Myślę, że można w podobny sposób odczytywać niezbyt klarowne wynurzenia Hackinga zawarte w rozdziale zatytuowanym *Break: Reals and Representations* (1983, s. 130-146). Pierwotna jest czynność reprezentowania. Człowiek jest *homo depictor*: tworzy reprezentacje, «podobizny» (*likenesses*). W tym nie ma jeszcze niczego dziwnego, ale „rzeczywistość jest antropomorficzną kreacją. [...] Najpierw jest praktyka reprezentowania [...] wtórnym jest pojęcie rzeczywistości, które ma treść tylko wtedy, gdy istnieją pierwotne reprezentacje."[28] „Reprezentacje są przede wszystkim podobiznami", a te nie są relacjami[29].Generalnie rzecz ujmując, rzeczy nie mogą być po prostu podobne (*simply or unqualified alike*), są podobne pod pewnym względem, ale „szczególny rodzaj rzeczy, mianowicie tworzona przez człowieka reprezentacja, może być po prostu [bez wskazania ze względu na co] taka, jak to co ma reprezentować"[30].

Jest to tak, jakbyśmy ocknęli się w całkowitej ciemności i zabrali do rysowania planu budynku, w którym się znaleźliśmy. Byłaby to więc «podobizna» robiona bez uprzedniej znajomości oryginału, wyprzedzająca oryginał. Nie taka, która chce być do niego podobna, lecz taka, do której oryginał ma się upodabniać! Tu wątek się urywa. Wystarczy jednak uzupełnić tę dziwaczną nieco opowieść, by nabrała ona innego sensu. Hacking, dowartościowując eksperymentowanie, przeciwstawia je, w polemicznym ferworze tworzeniu teorii, owemu «reprezentowaniu». A przecież proces poznawczy to nierozłącznie ze sobą splecione eksperymentowanie i rozwijanie teorii. Wystarczy więc dodać, że nasza egzystencja nie sprowadza się do rysowania, że nie siedzimy bezczynnie, że działamy w tym gmachu (po omacku) i działaliśmy już, zanim obudziliśmy się jako *homo depictor*. I choć nie «widzimy» tej budowli, to obijamy się o sprzęty, jakimi jest zastawiona, potykamy się na schodach i jeśli nasz plan, «podobizna» umożliwia nam poruszanie się po niej, to w jakimś stopniu ją poznaliśmy, choć ciągle grozi nam wpadnięcie do piwnicy i wszystkich szczegółów pewnie nie poznamy nigdy.

Literatura

Cartwright, N.

1983 - *How the Laws of Physics Lie*, Oxford University Press, Oxford.

[28] *Reality is an anthropomorphic creation. [...] Once there is a practice of representing, a second-order concept [...] is the concept of reality which has content only when there are first-order representations.* (Hacking 1983, s. 136).

[29] *Likeness stands alone. It is not a relation.* (tamże, s. 139).

[30] [...] *a particular kind of thing, namely a human-made representation, can unqualifiedly be like what it is intended to represent.* (tamże, s. 137)

Einstein, A.
1935 - *Mój obraz świata*, Wyd. M. Fruchtmana, Warszawa.
Feynman, R. P.
1972 - *QED — osobliwa teoria światła i materii*, PIW, Warszawa.
Fleck, L.
1986 - *Powstanie i rozwój faktu naukowego*, Wydawnictwo Lubelskie, Lublin.
Grzegorczyk, A.
1969 - *Zarys logiki matematycznej*, PWN, Warszawa.
Hacking, I.
1983 - *Representing and Intervening*, Cambridge University Press, Cambridge.
Heisenberg, W.
1979 - „Pojęcie teorii zamkniętej we współczesnym przyrodoznawstwie", [w:] *Ponad granicami*, PIW, Warszawa, s. 98-105.
1987 - *Część i całość*, PIW, Warszawa.
Heller, M.
1992 - „Co to znaczy, że przyroda jest matematyczna?", [w:] M. Heller, J. Życiński, A. Michalik (red.), *Matematyczność przyrody*, OBI, Kraków, s. 9-22.
Huang, K.
1978 - *Mechanika statystyczna*, PWN, Warszawa.
Kałuszyńska, E.
1989 - „Formalna struktura teorii empirycznych", *Studia Filozoficzne* 12 , s. 47-58.
Kopczyński, W.; Trautman, A.
1981 - *Czasoprzestrzeń i grawitacja*, PWN, Warszawa.
Lakatos, I.
1978 - *The Methodology of Scientific Research Programmes*, Cambridge University Press, Cambridge.
Mejbaum, W.
1983 - „Poincaré — Popper: problem dekompozycji", [w:] J. Lipiec (red.), *Filozofia wieku dwudziestego*, Wyd. WSP w Rzeszowie, Rzeszów, s. 229-239.
1985 - „Powiedzmy: 'instrumentalizm'", *Studia Filozoficzne* 5-6, s. 35-53.
Nadel-Turoński, T.
1972 - „O tak zwanym 'nienadążaniu' matematyki", *Studia Filozoficzne* 2, s. 95-102.
1976 - „Zasady fizyki jako metaprawa", *Studia Metodologiczne* 14, s. 33-46.
Nowaczyk, A.
1990 - *Wprowadzenie do logiki nauk ścisłych*, PWN, Warszawa.
Pietruska-Madej, E.
1980 - *W poszukiwaniu praw rozwoju nauki*, PWN, Warszawa.
Popper, K.R.
1977 - *Logika odkrycia naukowego*, PWN, Warszawa.
1992 - „Uwagi filozoficzne o teorii prawdy Tarskiego", [w:] *Wiedza obiektywna*, PWN, Warszawa, s. 407-431.

Prigogine, I.; Stengers, I.
1990 - *Z chaosu ku porządkowi. Nowy dialog człowieka z przyrodą*, PIW, Warszawa.
Suppes, P.
1957 - *Introduction to Logic*, D. van Nostrand, New York.
Weizel, W.
1958 - *Fizyka teoretyczna*, PWN, Warszawa.
Weizsäcker, C.F.
1988 - „Experience and the unity of physics" [w:] E. Scheibe (ed.), *The Role of Experience in Science*, Walter de Gruyter, Berlin - New York, s. 34-47.